

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DEL PRODUCTO ESPORALIS EN EL CONTROL DE ROYA (*Hemileia vastatrix*) EN EL CULTIVO DE CAFÉ

BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF THE PRODUCT ESPORALIS IN THE CONTROL OF RUST (*Hemilia vastatrix*) IN THE CULTIVATION OF COFFEE

Antonio Muñoz-Santiago ¹,

¹LIDAG S.A. de C.V. Niza 3102 Col. Narvarte, Monterrey, N.L. México, C.P. 64830.

Resumen

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la efectividad biológica y fitotoxicidad del fungicida Esporalis para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café. Se evaluaron tres dosis de Esporalis (1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha); un testigo regional, ECO 720 (225 mL/100 L de agua), y un testigo absoluto. El estudio se llevó a cabo en una parcela comercial de café en el municipio de Tomatlán, Veracruz. El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada uno; el tamaño de la unidad experimental se conformó con cuatro hileras, a una distancia de 2.0 m por 6 m de largo (48 m²). Se efectuaron 3 aplicaciones, una cada 7 días, vía foliar, con una aspersora de turbina de aire. Se realizó una preevaluación, seguida de tres evaluaciones, a los 7, 14 y 21 DDI (días después del inicio); se determinó la efectividad biológica con base en la severidad por unidad de muestreo, así como la fitotoxicidad al cultivo de acuerdo con la escala de la EWRS. Durante las tres evaluaciones, los tratamientos con Esporalis, en las dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha fueron estadísticamente diferentes a los tratamientos (T5 y T1). Los porcentajes finales de efectividad biológica, 21 días después de la primera aplicación, para los tratamientos con Esporalis fueron de 58.39% para la dosis de 1.5 Kg/ha; 62.04% para la aplicación de 2.0 Kg/ha, y la mayor efectividad la presentó la dosis de 2.5 Kg/ha, con un 64.96%. En conclusión, con base en la normatividad vigente y los valores alcanzados, se recomienda ampliamente el registro del fungicida microbiano Esporalis, en sus dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha, aplicado para el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café, con un volumen de agua aproximado de 356 L/ha. No se observaron evidencias de que el producto Esporalis sea fitotóxico en el cultivo de café.

Palabras clave: fungicida, roya, café.

Abstract

The present study was carried out with the objective of evaluating the biological effectiveness and phytotoxicity of the Esporalis fungicide for the control of rust (*Hemileia vastatrix*) in coffee cultivation. Three doses of Esporalis (1.5, 2.0 and 2.5 Kg / ha), a regional control ECO 720 (225 mL / 100 L of water) and an absolute control were evaluated. The study was carried out in a commercial coffee plot in the municipality of Tomatlan, Veracruz. The experimental design was in complete blocks at random with five treatments and four repetitions each. The size of the experimental unit was made up of four rows at a distance of 2.0 m by 6 m in length (48 m²). Three applications were made, one every 7 days via foliar with an air turbine sprayer. A pre-evaluation and three more evaluations were performed at 7, 14 and 21 DAS (days after the start); the biological effectiveness was determined based on the severity per unit of sampling, and the phytotoxicity to the crop, according to the scale of the EWRS. During the three evaluations, the treatments with Esporalis at a dose of 1.5, 2.0 Kg / ha and 2.5 Kg / ha were statistically different from the treatments (T5 and T1). The final percentages of biological effectiveness at 21 days after the first application, for Esporalis treatments were 58.39% for the dose of 1.5 Kg / ha, 62.04% for the application of 2.0 Kg / ha and the highest effectiveness was presented by Esporalis at 2.5 Kg / ha with 64.96%. In conclusion, based on current regulations and the values achieved, the registration of the microbial fungal Esporalis in its doses of (1.5, 2.0 and 2.5 Kg / ha) applied to control rust (*Hemileia vastatrix*) with an approximate volume of water of 356 L / ha in the coffee crop is highly recommended. No evidence that the Esporalis product is phytotoxic in coffee cultivation was observed.

Keywords: fungicide, rust, coffee

INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo estratégico en México, que emplea a más de 500 mil productores de 15 entidades federativas y 480 municipios. Actualmente, el consumo anual, *per cápita*, en nuestro país, es de 1.4 kg. (Silva, 2006).

México produce café de excelente calidad, ya que su topografía, altura, climas y suelos le permiten cultivar variedades clasificadas entre las mejores del mundo; la variedad genérica que más se produce en nuestro país es la arábica y su producción se realiza por lo regular en las zonas tropicales.

En México, hay 15 estados productores de café; al sur del país, Chiapas es el principal Estado productor, pues aporta 41.0% del volumen nacional, seguido por Veracruz (24.0%) y Puebla (15.3%) (Silva, 2006).

La Organización Internacional del Café publica anualmente un listado con los productores de café del mundo. Brasil, Colombia y Vietnam encabezan la lista, y México es el 11° productor mundial. Actualmente, el café representa el 0.66% del PIB agrícola nacional y el 1.34% de la producción de bienes agroindustriales.

México es considerado uno de los principales países productores de café orgánico del mundo, ya que destina el 3.24% del total de la superficie cultivada de este producto para esta variedad, y exporta 28.000 toneladas (sobre todo a la Unión Europea), además de tener una gran diversidad de productores, incluidos hombres y mujeres, comunidades indígenas, aquellos que se dedican al café de especialidad, grandes, pequeños y en transición (Mariscal, 2011).

Para el periodo 2018-2019, se calcula que el volumen de producción de México será de 4 millones de sacos, un 5,8% más alto que el del año previo de cosecha.

Sin embargo, aunado al panorama anterior, se presenta una problemática de gran impacto: *Hemileia vastatrix*, comúnmente conocida como la roya, es la enfermedad más

destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica mundial, debido a que esta enfermedad provoca la caída prematura de las hojas, y propicia la reducción de la capacidad fotosintética, así como el debilitamiento de los árboles enfermos. En infecciones severas, puede ocasionar la muerte regresiva en las ramas, e incluso la muerte de los árboles (Mariscal, 2011).

Debido a esta problemática que genera la roya en la producción de café, el objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad biológica del producto Esporalis sobre el control de la enfermedad y su fitotoxicidad al cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio de efectividad biológica del fungicida Esporalis se realizó en una plantación comercial de café en el municipio de Tomatlán, en el Estado de Veracruz. La ubicación geográfica es: Latitud: 18° 59' 44.8" N, Longitud: 96° 59' 01.8" W.

Características del producto

Esporalis es un producto catalogado como fungicida biológico, debido a que está formulado a base de *Trichoderma viride*, en los laboratorios de la empresa LIDAG, S.A. de C.V. Las características principales de Esporalis se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización del fungicida Esporalis.

Propiedades	
Plaguicida	Fungicida
Nombre común	<i>Trichoderma viride</i>
Nombre comercial	Esporalis
Formulación	Polvo soluble.
Contenido en peso (%)	Ingrediente activo: <i>Trichoderma viride</i> en soporte sólido...10% en peso Ingredientes inertes: Arcilla coloidal... 69.0%; Algas fosilizadas...20%; aa y vitaminas...1%.
Equivalente	<i>Trichoderma viride</i> en soporte sólido para un contenido de 10×10^7 UFC/g

Parámetros de evaluación de la efectividad biológica y de la fitotoxicidad

La efectividad biológica de Esporalis se determinó con base en los siguientes parámetros:

1. Incidencia: Se determinó de acuerdo con el número de plantas infectadas por muestra, dividido entre el total de plantas por muestra y multiplicado por 100.
2. Severidad: Se determinó de acuerdo con la escala de 7 valores, propuesta en la DGSV (Ficha Técnica No. 40) para medir la severidad de *Hemileia vastatrix* en hojas de café.

Cuadro 2. Escala para evaluar la severidad de la roya en la hoja

Valor	Síntomas
0	0% de la superficie de la hoja dañada
1	Puntos cloróticos en la superficie de la hoja
2	2.0% de la superficie de la hoja dañada
3	7.0% de la superficie de la hoja dañada
4	20.0% de la superficie de la hoja dañada
5	45.0% de la superficie de la hoja dañada
6	Más del 70% de la superficie de la hoja dañada

Por otra parte, la fitotoxicidad se cuantificó con base en la escala de la ERWS (European Weed Research Society).

Cuadro 3. Escala propuesta por la EWRS para evaluar la fitotoxicidad al cultivo e interpretación agronómica.

Escala puntual	Efectos sobre el cultivo	Escala porcentual de fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0.0-1.0
2	Síntomas muy ligeros	1.0-3.5
3	Síntomas ligeros	3.5-7.0
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	7.0-12.5
	Límite de aceptabilidad	
5	Daño medio	12.5-20.0
6	Daños elevados	20.0-30.0
7	Daños muy elevados	30.0-50.0
8	Daños severos	50.0-99.0
9	Muerte completa	99.0-100.0

Dosis, momento y forma de aplicación

Las dosis utilizadas de los productos evaluados se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Dosis y tratamientos de los productos.

Tratamiento	Producto	Dosis
T1	Testigo absoluto	NA
T2	Esporalis	1.5 Kg/ha
T3	Esporalis	2.0 Kg/ha
T4	Esporalis	2.5 Kg/ha
T5	ECO 720	250 mL/100 L de agua

La aplicación, tanto de Esporalis, como de Eco 720, se realizó cuando se detectaron los primeros síntomas de la enfermedad. Para ello, se realizó un muestreo previo a la primera aplicación.

Se realizaron tres aplicaciones de los productos, con 7 días de intervalo entre cada aplicación, vía foliar, con un aspersor motorizado, calibrado para aplicar las dosis exactas, de acuerdo con el cuadro de dosis y tratamientos.

Diseño experimental

Para la evaluación del producto, se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a las tres dosis de Esporalis, a la de un testigo regional y a la de un testigo absoluto. El tamaño de la unidad experimental se conformó con 6 arbustos para incidencia, y 18 hojas para severidad. Los datos de incidencia y severidad por muestreo se procesaron mediante un análisis de varianza ANOVA ($\alpha=0.05$); para determinar la separación de medias, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey ($\alpha=0.05$).

Resultados y discusión

Incidencia

En relación con el muestreo previo, la incidencia de *Hemileia vastatrix* fue estadísticamente homogénea en la parcela experimental, con un promedio de 60.00% (Grupo A), por lo

que se determinó que el estudio comenzó en igualdad de condiciones en todas las unidades experimentales.

Para el primer muestreo, el análisis estadístico expresó que cada una de las dosis del fungicida Esporalis fueron estadísticamente diferentes entre sí, así como con las del testigo absoluto y las del testigo regional.

Para la dosis baja (Esporalis 1.5 Kg/ha), la incidencia fue de 58.33%, en el grupo estadístico “ab”; el tratamiento 3 (Esporalis 2.0 Kg/ha) se situó en el grupo estadístico abc, con una incidencia de 54.17%; el tratamiento 4 (Esporalis 2.5 Kg/ha) mostró la menor incidencia de roya en los cafetos, con un 41.67%, en el grupo estadístico bc. En cuanto al testigo regional, se ubicó en el grupo estadístico c, con una incidencia de 37.50%.

El testigo absoluto mostró un 70.83% de incidencia. Esto pone de manifiesto que, tanto los tratamientos con Esporalis, como con el testigo regional, tienen un efecto positivo en la disminución de la incidencia de *Hemileia vastatrix*. (Cuadro 5).

Para el segundo muestreo, 14 DDI, el porcentaje de incidencia en el Testigo absoluto arrojó un 66.67%, en tanto que la presencia de incidencia en los tratamientos con Esporalis fluctuó entre el 50.0% y el 45.83%. El T5 ECO 720, 225 mL/100 L de agua expresó una incidencia de 33.33%. Todos los tratamientos con aplicación del producto evaluado (Esporalis) fueron estadísticamente iguales (Grupo b) y mostraron diferencias estadísticas significativas respecto del testigo absoluto (Grupo a) y del testigo regional (Grupo c) (Cuadro 5).

Para el tercer muestreo, los tratamientos con Esporalis expresaron porcentajes de 50.00%, 37.50% y 41.67% en sus dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha respectivamente. Todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Grupo b); contrario a estos se encontró el testigo absoluto, con una incidencia de 75.00%. Estadísticamente estuvo en el Grupo a. El testigo regional mostró la menor incidencia, con un 16.67% (Grupo c).

Cuadro 5. Incidencia de *Hemileia vastatrix*, tras la aplicación del fungicida Esporalis en tres dosis.

	Muestreos			
	Previo	1ro	2do	3ro
	Incidencia %*			
T1	58.33 ^a	70.83 ^a	66.67 ^a	75.00 ^a
T2	58.33 ^a	58.33 ^{ab}	50.00 ^b	50.00 ^b
T3	62.50 ^a	54.17 ^{abc}	45.83 ^b	37.50 ^b
T4	62.50 ^a	41.67 ^{bc}	45.83 ^b	41.67 ^b
T5	58.33 ^a	37.50 ^c	33.33 ^c	16.67 ^c

*Valores con letra diferente son significativamente diferentes (P<0.05).

Para la variable de severidad, al igual que para la incidencia, se determinó que al inicio del estudio no existió diferencia estadística entre los tratamientos y que, en promedio, la severidad de la enfermedad fue de 26.25%, lo que significa que el experimento inició en igualdad de condiciones.

Para el primer muestreo, la severidad en los tratamientos en los que se aplicó Esporalis expresó valores no mayores a 16.43%, igual que el tratamiento con la dosis baja del fungicida evaluado T2 (Esporalis 1.5 Kg/ha). La dosis media del producto evaluado T3 (Esporalis 2.0 Kg/ha) mostró un 15.74% de severidad y la menor severidad expresada fue en el tratamiento T4 (Esporalis 2.5 Kg/ha) el cual tuvo un 14.81%. Todos los tratamientos con aplicación del fungicida Esporalis fueron estadísticamente iguales (Grupo b); el T5 (testigo regional) expresó una severidad del 6.71% y fue estadísticamente distinto a los demás tratamientos (Grupo c). El testigo absoluto, que mostró una severidad del 34.49%, se ubicó en el grupo estadístico a (Cuadro 6).

La efectividad biológica alcanzada por los tratamientos con Esporalis fue: de 52.35%, para el T2; de 54.36%, para el T3, y de 57.05%, para el T4; el testigo regional, T5, mostró un 80.54% de efectividad, dado que se trata de un producto químico.

Ahora bien, para el segundo muestreo, a los 14 DDI, los tratamientos con aplicación del fungicida, en las dosis de 1.5 y 2.0 Kg/ha fueron estadísticamente iguales (Grupo b); en tanto que el tratamiento cuatro (Esporalis, de 2.5 Kg/ha) se ubicó en el grupo estadístico (bc), y el tratamiento cinco (ECO 720 225 mL/ 100 L de agua), se situó en el grupo estadístico (c), y al final el testigo absoluto (Grupo a).

El tratamiento con la menor severidad del producto probado fue T4 (Esporalis 2.5 Kg/ha) el cual mostró un 13.19%; el T3 (Esporalis 2.0 Kg/ha) obtuvo un 14.35%, y el mayor porcentaje de severidad de las dosis probadas de Esporalis fue el T2 (1.5 Kg/ha) con un 15.74%. Por su parte, el testigo regional (ECO 720 225 mL/100 L de agua) mostró un 4.63%. La mayor incidencia se vio reflejada en el testigo absoluto, con 34.49% (Cuadro 6).

El mayor porcentaje de efectividad biológica lo tuvo el tratamiento con la dosis alta de Esporalis (T4), con 61.74%; en orden descendente, continúa la dosis media de Esporalis (T3), con 58.39%, y la dosis baja (T2), con 54.36%. Por otra parte, el testigo regional (T5) tuvo un 86.58% de efectividad, todos en comparación con el testigo absoluto.

Para el tercer muestreo, 21 DDI, el tratamiento 2 (Esporalis 1.5 Kg/ha) mostró una severidad de 13.19%; la dosis media del fungicida evaluado (Esporalis 2.0 Kg/ha) expresó un 12.03%, y la dosis alta, tratamiento que alcanzó los porcentajes de severidad más bajos de las aplicaciones con Esporalis, fue T4 (2.5 Kg/ha), con 11.11%. Todos los tratamientos con aplicación de Esporalis fueron estadísticamente iguales (Grupo b); el testigo regional expresó un 2.31% de severidad (Grupo c) y el testigo absoluto expresó diferencias estadísticas significativas respecto de los demás tratamientos (Grupo a) con una severidad en el cultivo de 31.71%.

La efectividad biológica alcanzada por Esporalis osciló entre el 58.39% y el 64.96%, y el testigo regional tuvo un 92.70%, todos en comparación con el testigo absoluto.

Cuadro 6. Comportamiento de la severidad de *Hemileia vastatrix* y efectividad biológica de la aplicación del

	Muestreos					
	1ro		2do		3ro	
	Sev %	EB %	Sev %	EB %	Sev %	EB %
T1	34.91 ^a	0	34.91 ^a	0	67.50 ^a	0
T2	16.43 ^b	52.3	15.74 ^b	54.3	28.75 ^b	57.4
T3	15.74 ^b	54.3	14.35 ^b	58.3	23.75 ^b	64.8
T4	14.81 ^b	57.0	13.19 ^{bc}	61.7	20.00 ^{bc}	70.3
T5	6.73 ^c	80.5	4.63 ^c	86.5	7.50 ^c	88.8

fungicida Esporalis en tres dosis.

*Valores con letras diferentes son significativamente diferentes (P<0.05).

Como se puede observar en los Cuadros 5 y 6, el producto Esporalis representa una opción de gran viabilidad para el control de la roya, lo cual se atribuye directamente a la composición que presenta el producto. Esto es, Esporalis cuenta con *Trichoderma viride* como ingrediente activo.

En este sentido, el género *Trichoderma* se cataloga como un grupo de hongos ampliamente utilizado, por su efecto antagonico, contra diversos patógenos, entre ellos *Moniliophthora roreri*.

La capacidad como antagonista de *Trichoderma* es altamente variable. Mihuta y Rowe (1986) demostraron que, de 255 aislamientos obtenidos de diferentes lugares, solo el 15% fue efectivo en el control de enfermedades, y que las cepas nativas de un lugar son más efectivas que las importadas. Esta capacidad depende de la especificidad de la cepa y de sus modos de acción (Arias, 2004).

Entre los principales modos de acción atribuidos al producto se pueden destacar; antibiosis, competencia (por espacio y nutrientes), micoparasitismo, y desactivación de enzimas de los patógenos (Druzhinina, 2006). En este contexto, los metabolitos con actividad antifúngica secretados por *Trichoderma* constituyen un grupo de compuestos

volátiles y no volátiles, muy diversos en cuanto a estructura y función.

Muchas cepas de *Trichoderma* producen estos metabolitos secundarios, algunos de los cuales inhiben otros microorganismos, con los que no se establece contacto físico, y estas sustancias inhibitorias fueron consideradas “antibióticos” (Vinale, 2008).

Recientemente, Harman (2006) y Vinale *et al.* (2008), informaron sobre nuevos mecanismos con los cuales *Trichoderma* ejerce su acción como antagonista y colonizador de las raíces, como son: aceleración del desarrollo del sistema radicular, que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta; solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos; estimulación del crecimiento vegetal, e inducción de resistencia.

Estos procesos actúan indirectamente sobre los patógenos, ya que impulsan mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos en la planta.

Según Mello *et al.*, (2006), en las interacciones antagónicas pueden estar involucrados diferentes mecanismos de acción. La multiplicidad de estos en un aislamiento es una característica importante para su selección como agente de control biológico, situación que presenta el producto Esporalis.

Estudios recientes en los campos celular y molecular explican la diversidad de vías y mecanismos de acción de este hongo (Harman *et al.*, 2004). Según Arias (2004), se descubrió que algunas cepas de *Trichoderma* pueden activar un mecanismo nativo de defensa en las plantas, conocido como Inducción de Resistencia Sistémica. Esto supone que puedan controlar a patógenos distantes del lugar donde se encuentra físicamente el antagonista.

CONCLUSIONES

Al finalizar el estudio, la efectividad biológica alcanzada por los tratamientos con Esporalis se encuentra dentro de los valores de efectividad biológica aceptados en la

normatividad vigente para plaguicidas botánicos, por lo que se recomienda el registro del fungicida Esporalis en las dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha, para el control de *Hemileia vastatrix* en el cultivo de café, con un volumen de aplicación aproximado de 356 L/ha.

De acuerdo con los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se desarrolló el presente estudio, no se registró ninguna evidencia de que el producto Esporalis presente efectos fitotóxicos en el cultivo de café.

Literatura citada

- Arias M. Hongos Antagonistas o micopatógenos en: Guía de insumos biológicos para el Manejo Integrado de Plagas. Corporación para Desarrollo de Insumos y Servicios Agroecológicos Armonía. 2004.
- Druzhinina I, Kopchinskiy A, Kubicek C. The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data. Mycoscience. 2006;47:55-64.
- Harman G, Howell C, Viterbo A, Chet I, Lorito M. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Review Microbiology. 2004;2:43-56
- Harman G. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology. 2006;96(2):190-194.
- Mello M, Ávila C, Gomes A. Cepas de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* en soya. En: Biocontrol de Fitopatógenos con *Trichoderma* y otros antagonistas. Taller Latinoamericano Memorias, Ed. CIDISAV, Ciudad de La Habana, Cuba, 2006.
- Mihuta-Grimm L, Rowe C. *Trichoderma* spp. as biocontrol agents of *Rhizoctonia* damping-off of radish in organic soil and comparison of four delivery systems. Phytopathology. 1986;76(3):306-312.
- Vinale F, Sivasitha K, Ghisalberti EL, Marraa R, Woo L, Lorito M. *Trichoderma* plant pathogen interactions. Soil Biology & Biochemistry. 2008;40:1-10.
- Silva, R. (2006). Efectos locales de la producción de café alternativo y sustentabilidad en Chiapas. Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica.

Mariscal, A. (2011). El café orgánico de Chiapas crece a contracorriente y sin incentivo. CNN México. Consultado el 08 de Diciembre de 2014.